

УДК 621.785:669.11.018

ФОРМУВАННЯ ЗМІЦНЕНИХ ПРИПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ СПЛАВІВ ЗАЛІЗА З Cr ТА Ti ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ В НАСИЧУВАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

к.т.н., доцент **Є.В. Іващенко**, к.т.н. **Н.В. Франчік**, пров. інж. **Н.А. Шаповалова**

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Інженерно-фізичний факультет,
кафедра фізики металів, e-mail: franchik@kpm.kpi.ua

Досліджено вплив лазерної обробки (ЛО) в насичувальних середовищах на формування зміцнених приповерхневих шарів з мікротвердістю (від 3 до 11 ГПа). Це зумовлено наявністю карбідів, нітридів у приповерхневих шарах, які утворилися в результаті взаємодії Fe, Ti, Cr з елементами насичувального середовища C та N.

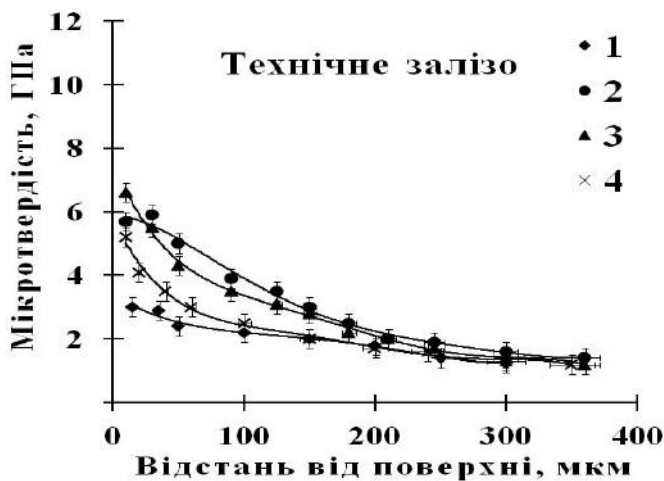
Вступ. Розвиток техніки характеризується інтенсифікацією виробничих процесів, що вимагає створення нових багатофункціональних матеріалів, які відповідають високим вимогам щодо надійності та ресурсу роботи. Ефективними та перспективними напрямками поверхневого зміцнення матеріалів є високоенергетичні методи обробки, зокрема лазерна обробка (ЛО). Застосування вискоелективної технології ЛО поверхні є одним із методів вирішення актуальної проблеми інженерії поверхні: підвищення експлуатаційних властивостей матеріалів та розширення технологічних можливостей впливу на довговічність та працездатності деталей машин і механізмів, різальних інструментів, технологічного обладнання та ін. Інтерес до ЛО поверхні зумовлений, з одного боку, можливістю формувати специфічні структурні стани в об'ємі, які недосяжні при традиційній термічній обробці, та з іншого - потребою розробки нових методів термічної обробки поверхневих шарів.

Аналіз літературних джерел [1-3], які присвячені дослідженню різних аспектів застосування лазерного випромінювання для розв'язання технологічних і матеріалознавчих задач інженерії поверхні свідчить, що внаслідок багатофакторності процесів масо- та теплоперенесення при ЛО залізовуглецевих сплавів актуальна і практично важлива проблема формування наперед заданих структурно-фазових станів (за умов перерозподілу вуглецю та інших легуючих елементів в об'ємі) потребує подальшого вивчення.

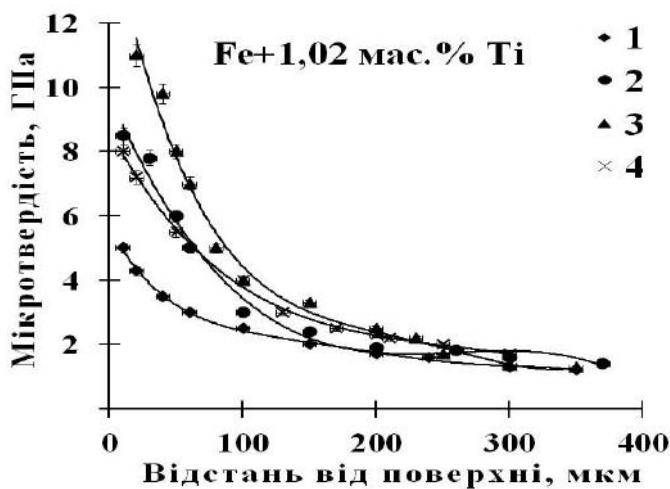
Метою даної роботи є дослідження зміни мікротвердості приповерхневих шарів сплавів заліза з Cr та Ti після лазерної хіміко-термічної обробки зразків в газових насичувальних середовищах різного складу (100 % N₂, 50 % N₂+50 % C₃H₈C₄H₁₀, 80 % C₃H₈C₄H₁₀+20 % N₂, 100% C₃H₈C₄H₁₀), за яких відбувається зміцнення зони лазерної дії (ЗЛД).

Методика експерименту. Лазерна обробка зразків проводилась на імпульсній лазерній установці "Квант-16". Довжина хвилі випромінювання $\lambda=1,06$ мкм, енергія $E=15\div30$ Дж, тривалість імпульсу $\tau=4\div6$ мс. Густина потужності випромінювання (W_p) змінювалася від 5 до 8,3 ГВт/м² дефокусуванням плями. Лазерна хіміко-термічна обробка зразків здійснювалася в спеціально виготовленій герметичній камері, в яку подавалися компоненти насичувального газового середовища. Вимірювання мікротвердості приповерхневих шарів проводилось на приладі ПМТ-3

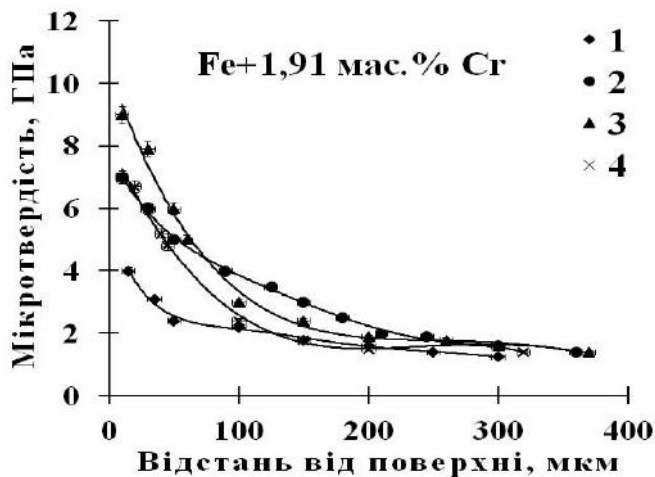
Результати та їх обговорення. ЛО сплавів заліза, легованих Cr та Ti, та технічного заліза в складних насичувальних азот- та вуглецьвміщуючих середовищах приводить до формування дисперсної структури із частинками карбідонітридних фаз з більш високою мікротвердістю (для Fe+1,02 мас. % Ti – 11 ГПа, для Fe+1,91 мас. % Cr – 9 ГПа, для технічного заліза – 6,5 ГПа), у порівнянні із мікротвердістю (рис. 1) приповерхневих шарів після аналогічної обробки в азотвміщуючому середовищі (відповідно: для Fe+1,02 мас. % Ti – 5 ГПа, для Fe+1,91 мас. % Cr – 3,2 ГПа, для технічного заліза – 3 ГПа). В умовах надшвидкого нагрівання та наступного гартування формуються неоднорідні тверді розчини вуглецю і азоту в залізі.



а)



б)



в)

Рис. 1. Розподіл мікротвердості за глибиною ЗЛД: а) технічне залізо; б) Fe+1,02 мас. % Ti; в) Fe+1,91 мас. % Cr; насичувальне середовище: 1 – 100 % N₂, 2 – 50 % N₂ + 50 % C₃H₈C₄H₁₀, 3 – 20 % N₂ + 80 % C₃H₈C₄H₁₀, 4 – 100 % C₃H₈C₄H₁₀

Легування заліза карбідом та нітридоутворюючими елементами Cr та Ti приводить до утворення дисперсних карбідів і нітридів Ti та Cr в ЗЛД, що забезпечує додаткове значне підвищення мікротвердості приповерхневих шарів. Оскільки при ЛО у вуглецьвміщуючому середовищі, розподіл вуглецю в розплаві буде нерівномірним, що зумовлене швидким і нерівномірним нагріванням вздовж поверхні, то і процеси кристалізації різних ділянок ЗЛД будуть відбуватися по-різному. Виникають ділянки зі структурою гартування, в яких мартенситні складові відрізняються між собою за вмістом вуглецю. Це ж стосується і концентрації вуглецю в аустеніті. В результаті формуються неоднорідні ділянки структури, що розрізняються за вмістом мартенситу та аустеніту. Це приводить до виникнення значних напружень, які в свою чергу обумовлюють виникнення і перерозподіл дислокацій і створення структури, елементи якої наближаються до нанорозмірів.

За даними вимірювання мікротвердості можна зробити висновок, що взаємодія карбідом та нітридоутворюючих елементів Cr та Ti з елементами втілення N та C із насичувальних середовищ різного агрегатного стану та складу за умов високих (вище >3500 К) температур, великих швидкостей нагрівання ($V_{нагр.} \sim 5 \cdot 10^5$ К/с) та охолодження ($V_{ох.} \sim 2 \cdot 10^6$ К/с), високих концентраційних і температурних градієнтів обумовлює формування складних польових високонапружених станів, дисперсних фаз втілення, нерівноважних дискретно-неоднорідних структур, що забезпечує підвищення мікротвердості приповерхневих шарів (до 5-11 ГПа) у порівнянні з вихідним станом.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Лазерное и электроэрозионное упрочнение материалов / [В.С. Коваленко, А.Д. Верхотуров, Л.Ф. Головкин, И.А. Подчерняева]. - М.: Наука, 1986. - 276 с.
2. Гаврилюк В.С. Технологические лазеры и их применения в машиностроении / В.С. Гаврилюк, А.М. Жилкин и др. // Технология металлов. - 2000. - №5. - С. 32-44.
3. Чудина О.В. Комбинированные методы поверхностного упрочнения сталей с применением лазерного нагрева: теория и технология / О.В. Чудина. - М.: МАДИ (ГТУ), 2003. - 248 с.